

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Одной из актуальных эколого-экономических задач для нашей страны является развитие промышленной переработки твердых бытовых отходов (ТБО), позволяющей не только уменьшить загрязнение окружающей среды, но и решить вопросы утилизации материалов, находящихся в отходах. Анализ морфологического состава ТБО показывает наличие в них значительной доли компонентов, которые могут использоваться в качестве вторичного сырья: бумага, текстиль, металлы, стекло, пластмассы и т.д. [1]. Идеальная технология переработки ТБО должна включать полную сортировку отходов и последующее вторичное использование отдельных компонентов в качестве материального или энергетического сырья. Однако такой подход к комплексной переработке отходов наталкивается на значительные технические и, как следствие, экономические трудности. Поэтому в мировой практике получили развитие другие методы промышленной переработки ТБО: сжигание отходов в мусоросжигательных печах; биотермическая переработка ТБО с получением компоста; различные виды пиролиза отходов, при которых в зависимости от технологического режима получают продукты, используемые в дальнейшем в качестве топлива; металлургические технологии переработки ТБО, основанные на деструкции отходов в металлургических печах [1-3].

Все названные виды переработки ТБО за исключением металлургических методов и некоторых видов пиролиза предполагают частичную сортировку отходов. При этом чаще всего выделяются металлические включения, как наиболее ценные компоненты отходов. Из одной тонны ТБО можно выделить свыше 50 кг черных металлов и около 5 кг алюминия. Реализация этих металлов в качестве вторичного сырья позволяет существенно повысить экономичность переработки ТБО [3]. Выделение черных металлов из отходов является типовой и хорошо отработанной технологической операцией, для реализации которой используются серийно выпускаемые магнитные сепараторы. Вопрос сепарации цветных металлов в нашей стране до настоящего времени является открытым, прежде всего, из-за отсутствия серийно выпускаемого отечественного оборудования.

Основным методом извлечения цветных металлов из ТБО остается ручная выборка, при которой извлечение металла составляет не более 20-30% [4]. Такие потери металлов не соответствуют современным экономическим требованиям. Известно, например, что на производство алюминиевых сплавов из вторичных металлов затрачивается в 20-25 раз меньше энергии, чем на производство алюминия из минерального сырья. Сказанное означает, что извлечение цветных металлов из ТБО является существенным резервом энерго- и ресурсосбережения. Необходимость извлечения цветных металлов из отходов диктуется не только экономической целесообразностью, но и является условием для нормальной работы применяемого на мусороперерабатывающих заводах технологического оборудования, а также для обеспечения необходимого качества продуктов переработки. Из всего сказанного вытекает актуальность разработки и создания технологий и оборудования для извлечения лома цветных металлов из ТБО.

Наиболее распространенным в мировой практике методом извлечения цветных металлов из ТБО является электродинамическая сепарация [5-6]. При этом извле-

каемые металлические предметы играют роль вторичного элемента индукционной электрической машины. Разработкой и исследованием электродинамических сепараторов с бегущим магнитным полем на протяжении ряда лет занимается кафедра электротехники и электротехнологических систем Уральского федерального университета (ранее УГТУ-УПИ). Первый опытный сепаратор на основе трехфазных линейных индукторов, разработанный на кафедре, был установлен в действующую технологическую линию на Ленинградском опытном заводе по механизированной переработке бытовых отходов [7]. В последующие годы исследования таких сепараторов продолжились и в содружестве с ОАО «Уралэнергоцветмет» было подготовлено серийное производство электродинамических сепараторов на основе односторонних линейных индукторов. Несколько установок было изготовлено и отправлено на предприятия по переработке отходов в Пятигорск и Москву [8].

За время исследования и эксплуатации сепараторов для обработки ТБО были выявлены отдельные недостатки установок, основные из которых сводятся к следующему:

1) При питании линейных индукторов от стандартной промышленной сети с частотой 50 Гц электродинамические сепараторы извлекают из ТБО цветные металлы крупностью более 40 мм (в расчете на алюминий, для других металлов цифры сдвигаются в сторону большей крупности). При этом потери металла могут достигать до 20 %. Такие же оценки получены и другими исследователями [1].

2) В высокопроизводительных технологических линиях по переработке ТБО используются конвейеры шириной 1,0-1,2 м при скорости подачи материала 0,5-1,2 м/с. При этом мощность, потребляемая электродинамическим сепаратором на основе двух односторонних линейных индукторов, превышает 200 кВт (с учетом компенсации части реактивной энергии – 80 кВт [8]), что соизмеримо с установленной мощностью всего предприятия.

Для увеличения процента извлечения мелкой фракции металлов в [8] предлагалось разделять отходы по крупности на две фракции (крупнее 50 мм и менее 50 мм) и использовать для них разные сепараторы. Такая идея выделения мелкой фракции ТБО (отсева) начинает находить поддержку среди технологов [9]. При этом доля отсева может составлять 25-30 % от всей массы ТБО. Это позволяет уменьшить ширину лент конвейеров, отводящих отдельные фракции, и соответственно снизить габариты и установленную мощность линейных индукторов. Другим эффективным решением по снижению потребляемой электродинамическими сепараторами мощности является применение линейных индукторов с разбегающимися магнитными полями [10-11], ранее опробованное на практике [8]. В докладе приводятся некоторые результаты исследования предлагаемых вариантов повышения эффективности электродинамических сепараторов.

В работе [10] была предложена методика оценки требуемых для электродинамической сепарации удельных электромагнитных усилий, основанная на решении уравнений движения извлекаемой металлической частицы с учетом совместного действия на нее электромагнитных $F_{эм}$ и механических сил: силы трения $F_{тр}$ и в ряде случаев силы сопротивления среды. Предложено выражение, связывающее различные параметры установки:

$$F_m = \frac{2 \cdot B \cdot V_k^2}{L_{и}^2} + k_{тр} \cdot g, \quad (1)$$

где $F_m = F_{эм}/m$ – удельное электромагнитное усилие (Н/кг или м/с²); m – масса частицы; B и $L_{и}$ – ширина наклонной ленты конвейера и ширина индуктора; V_k – скорость

конвейера; $k_{тр}$ – коэффициент трения извлекаемого металла о поверхность конвейерной ленты; g – ускорение свободного падения.

С использованием указанной методики выполнены исследования влияния на показатели сепараторов вариантов исполнения линейных индукторов (с односторонним бегущим или разбегающимися магнитными полями) при разной ширине ленты конвейера. Примеры расчетов требуемых для извлечения удельных электромагнитных усилий показаны на рис. 1. Данные расчеты соответствуют коэффициенту трения $k_{тр} = 0,4$ (резинотканевая лента конвейера) и трем значениям ширины ленты: $L_{и} = 0,3; 0,8$ и $1,2$ м (показаны цифрами на графиках). Зависимости, соответствующие одностороннему выходу металлических частиц, показаны сплошными линиями, а зависимости для случая разбегающихся магнитных полей (с выходом металла в обе стороны от конвейера) – пунктиром.

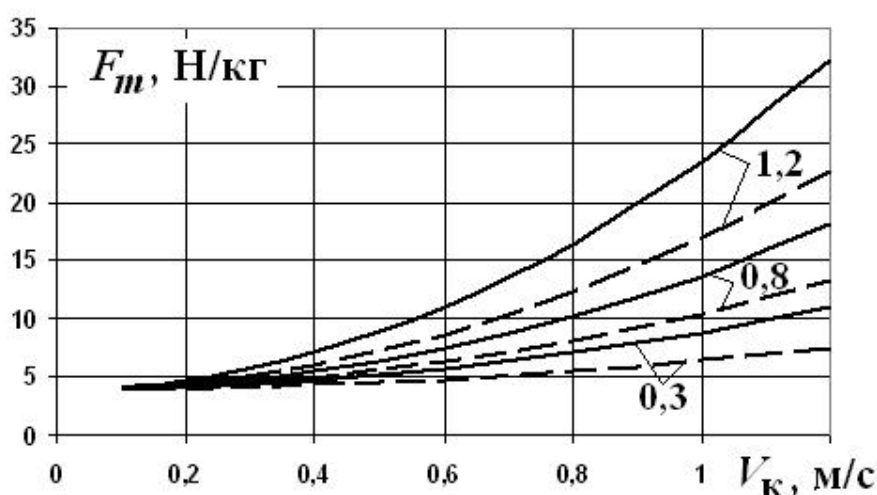


Рис. 1. Зависимости требуемых для сепарации удельных усилий F_m от скорости конвейера V_k и ширины ленты B

Как видно на рис. 1, использование конвейеров с меньшей шириной ленты, а также применение линейных индукторов с разбегающимися магнитными полями позволяет существенно снизить электромагнитные усилия, требуемые для извлечения из отходов металлических частиц. Это означает возможность уменьшения потребляемой сепараторами электрической мощности. На рис. 2 приведены значения коэффициентов, показывающих во сколько раз можно уменьшить энергопотребление.

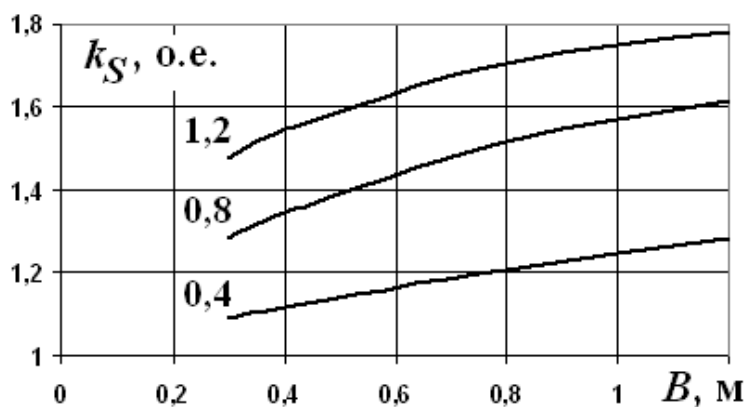


Рис. 2. К оценке повышения энергоэффективности сепараторов, использующих линейные индукторы с разбегающимися магнитными полями

Следует отметить, что эффективность использования линейных индукторов с разбегающимися магнитными полями повышается с ростом скорости конвейера V_k (на рис. 2 значения скорости показаны цифрами на графиках, м/с), хотя и немного снижается с уменьшением ширины ленты B .

В целом, результаты выполненных исследований подтвердили эффективность предлагаемых технических решений и позволяют рекомендовать их для практического использования в технологиях электродинамической сепарации твердых бытовых отходов.

Список использованных источников

1. Шубов, Л.Я. Технология твердых бытовых отходов / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставровский, А.В. Олейник – М.: Альфа-М, Инфра-М, 2011. 400 с.
2. Коняев А.Ю. Электротехнологические методы и установки природоохранных технологий. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. 101 с.
3. Шубов, Л.Я. Проблема муниципальных отходов и рациональные пути ее решения // Экология и промышленность России, 2005, № 12, с. 34-39.
4. Ильиных Г.В., Устьянцев В.А., Вайсман Я.И. Построение материального баланса линии ручной сортировки твердых бытовых отходов // Экология и промышленность России, 2012, № 1, с. 22-25.
5. Schloemann E. Separation of nonmagnetic metals from solid wastes // J. of Applied Physics, 1975, vol. 46, № 11, p. 5012-5020.
6. Wilson R.J., Veasey T.J., Squires D.M. Application of mineral processing techniques for the recovery of metal from post-consumer wastes / Minerals Engineering, 1994, № 7, pp. 975-984.
7. Коняев, А.Ю. Линейные асинхронные двигатели в электромагнитных сепараторах для извлечения алюминия из бытовых отходов / А.Ю. Коняев, А.А. Жуков, Б.П. Ширшов // Электротехническая промышленность. Электрические машины, 1981, № 9, с. 16-18.
8. Патрик, А. А. Устройства для электродинамической сепарации лома и отходов цветных металлов / А.А. Патрик, Н.Н. Мурахин, А.Ю. Коняев и др. // Промышленная энергетика, 2001, № 6, с. 16-19.
9. Филькин Т.Г., Ильиных Г.В., Коротаев В.Н. Возможности использования отсева (мелкой фракции) твердых бытовых отходов в зависимости от его состава и свойств // Экология промышленного производства, 2015, вып. 2(90), с. 9-15.
10. Казанцев, Р.О. Повышение эффективности электродинамических сепараторов на основе линейных индукторов / Р.О. Казанцев, А.Ю. Коняев, И.А. Коняев, С.Л. Назаров // Промышленная энергетика, 2012, № 11, с. 26-29.
11. Коняев А.Ю., Назаров С.Л. Особенности электродинамических сепараторов на основе линейных индукторов с разбегающимися магнитными полями / Электротехника, 2013, № 3, с. 62-66.